ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ
INFORMATION TECHNOLOGY, COMPUTER SCIENCE, AND MANAGEMENT



УДК 616-07 10.23947/1992-5980-2017-17-3-128-136

Анализ ЭЭГ испытуемых с дисциркуляторной энцефалопатией методом многомерного шкалирования по когнитивным тестам и по отведениям[*]

А. И. Новикова[1], К. А. Мороз[2], Е. А. Кижеватова[3]**
[1,2] Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
[3] Ростовский государственный медицинский университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

EEG analysis of trial subjects with discirculatory encephalopathy by multidimensional scaling method of cognitive tests and leads[***]

A. I. Novikova[1], K. A. Moroz[2], E. A. Kizhevatova[3]**
[1,2] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation
[3] Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Введение. Статья посвящена анализу ЭЭГ-данных больных с дисциркуляторной энцефалопатией и здоровых испытуемых методом многомерного шкалирования. Объектом исследования являлись графики динамики расположения векторов в двумерном признаковом пространстве ЭЭГ-данных здоровых и больных испытуемых, соответствующих каждому из отведений и когнитивных тестов. Цель состояла в проверке возможности использования метода многомерного шкалирования в анализе ЭЭГ для классификации испытуемых на больных и здоровых. Задачи работы: съем ЭЭГ у испытуемых при одновременном тестировании на когнитивные нарушения; многомерное шкалирование корреляционных матриц в системе STATISTICA и визуальный анализ полученных графиков.
Материалы и методы. Исследованы возможности многомерного метода статистической обработки экспериментальных данных — многомерного шкалирования — программного пакета STATISTICA. Обрабатываемые данные получены в результате записи ЭЭГ здоровых испытуемых и пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией электроэнцефалографом «Энцефалан-131-03» от 16 монополярных отведений. Съем ЭЭГ осуществлялся при одновременном тестировании испытуемых по когнитивным тестам.
Результаты исследования. Визуальный анализ графиков многомерного шкалирования здоровых испытуемых показал, что распределение попарных координат, соответствующих тестам (отведениям), для каждого из отведений (теста) характеризуется, в большинстве случаев, близким расположением координат относительно друг друга, в некоторых случаях — совпадением. У пациентов, больных дисциркуляторной энцефалопатией, для двумерных плоскостей многомерного шкалирования характерно более хаотичное распределение пространственных координат каждого из отведений или теста.
Обсуждение и заключения. Подтверждена эффективность применения многомерного шкалирования в качестве классификатора испытуемых по ЭЭГ-показателям. Авторами выдвинуто предположение о возможности использования многомерного шкалирования как дополнительного метода в диагностике дисциркуляторной энцефалопатии.

Introduction. The EEG-data of patients with discirculatory encephalopathy and healthy subjects by the multidimensional scaling method are analyzed. The research subject is graphs of the vectors arrangement dynamics in the two-dimensional attribute space of EEG-data of healthy and patient subjects corresponding to each of the leads and cognitive tests. The aim was to test feasibility of the multidimensional scaling method in the EEG analysis for the classification of trial subjects for patients and healthy persons. The study objectives are the following: EEG taking in trial subjects with simultaneous testing for cognitive deteriorations; multidimensional scaling of correlation matrices in the STATISTICA system, and visual analysis of the obtained graphs.
Materials and Methods. Capabilities of the multivariable technique of statistical analysis of test data – multidimensional scaling – the STATISTICA software package – are investigated. The processed data are obtained as a result of recording EEG of healthy subjects and patients with discirculatory encephalopathy using "Encephalan-131-03" electroencephalograph from 16 unipolar leads. The EEG is taken by simultaneous testing of the trial subjects by cognitive tests.
Research Results. Visual analysis of the multidimensional scaling diagrams of healthy subjects has shown that the distribution of the pairwise coordinates corresponding to the tests (leads), for each of the leads (test) is characterized, generally, by a close location of the coordinates relative to each other, and in some cases – by coincidence. In patients with discirculatory encephalopathy, two-dimensional planes of the multivariate scaling are characterized by a more chaotic distribution of the spatial coordinates of each of the leads or test.
Discussion and Conclusions. The efficiency effect of the multidimensional scaling as a classifier of trial subjects' EEG is confirmed. The possibility of using the multidimensional scaling as an additional method in the diagnosis of discirculatory encephalopathy is proposed.

[*] Работа выполнена в рамках инициативной НИР.
[**] E-mail: novikova.anna16@yandex.ru, leramoroz@mail.ru, alyonatim@mail.ru
[***] The research is done within the frame of the independent R&D.

Ключевые слова: электроэнцефалография, электроэнцефалограмма, биоэлектрическая активность головного мозга, дисциркуляторная энцефалопатия, когнитивные нарушения, многомерное шкалирование, когнитивные тесты.

Keywords: electroencephalography, electroencephalogram, brain bioelectrical activity, discirculatory encephalopathy, cognitive deteriorations, multidimensional scaling, cognitive tests.

Образец для цитирования: Новикова, А. И. Анализ ЭЭГ испытуемых с дисциркуляторной энцефалопатией методом многомерного шкалирования по когнитивным тестам и по отведениям / А. И. Новикова, К. А. Мороз, Е. А. Кижеватова // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2017. — Т.17, № 3. — С. 128–136.

For citation: A. I. Novikova, K. A. Moroz, E. A. Kizhevatova. EEG analysis of trial subjects with discirculatory encephalopathy by multidimensional scaling method of cognitive tests and leads. Vestnik of DSTU, 2017, vol. 17, no.3, pp. 128–136.

Введение. В представленном в статье исследовании ЭЭГ-данных испытуемых с дисциркуляторной энцефалопатией (ДЭП) — болезнью, вызванной недостаточным кровоснабжением сосудов головного мозга, был использован метод многомерного шкалирования (МШ). Это метод анализа данных о попарных отношениях между ними с целью представления в виде точек на пространстве признаков, размерность которого значительно меньше размерности исходного [1]. В отличие от ранее разработанных методов анализа многомерных наблюдений, таких как факторный анализ и кластерный анализ, модель МШ используется в статистической обработке данных значительно реже [2,3]. Однако данный метод имеет ряд преимуществ, к примеру:

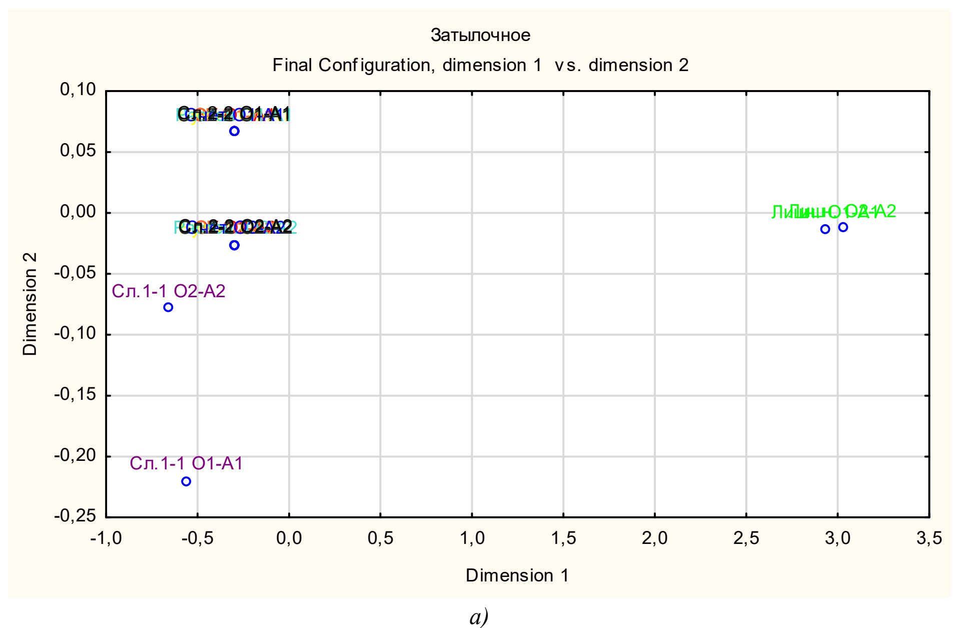
– отсутствие необходимости проверки исходных данных на нормальность распределения;

– возможность проведения анализа при сравнительно малом объеме выборочной совокупности [4,5].

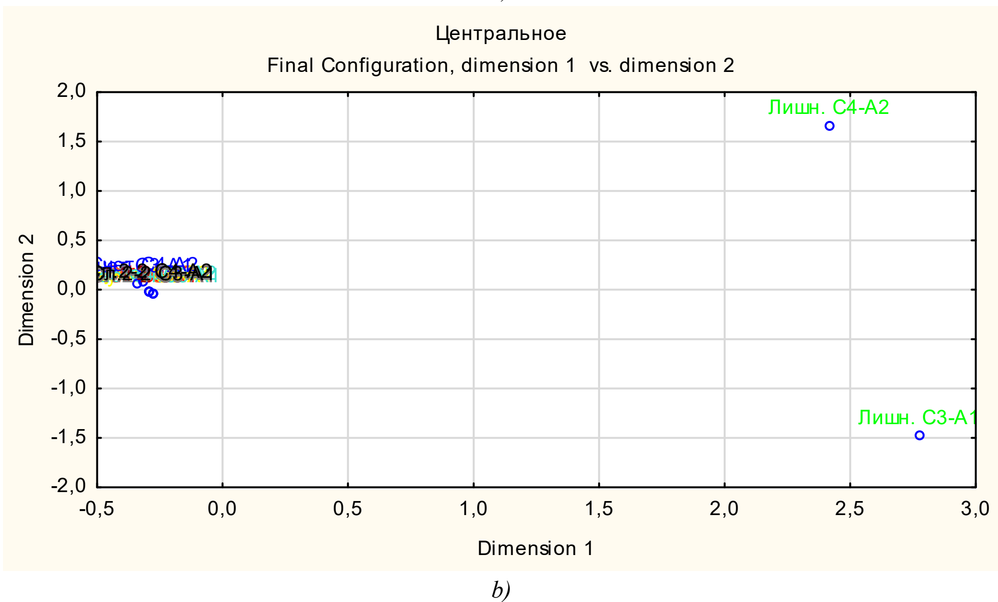
Задача настоящего исследования состоит в доказательстве возможности применения МШ для классификации испытуемых на больных с дисциркуляторной энцефалопатией и здоровых для повышения информативности ЭЭГ-исследования [6].

Материалы и методы. В работе представлены результаты исследования ЭЭГ 5 здоровых испытуемых (контрольная группа) и 5 больных ДЭП. Запись ЭЭГ каждого испытуемого проводилась по международной схеме 10×20 от 16 монополярных отведений на базе аппаратно-программного комплекса «Энцефалан-131-03». Для выявления когнитивных нарушений, проявляющихся при дисциркуляторной энцефалопатии [7,8], съем ЭЭГ осуществлялся при одновременном тестировании пациентов (тестами «Лишнее», «Буква», «Растения», «Счет», «Слова 1–1», «Слова 1–2», «Слова 2–1», «Слова 2–2»). Тест «Лишнее» заключается в выборе лишнего слова из перечисленных четырех в течение 30 секунд. «Буква» — за 30 секунд испытуемым необходимо назвать как можно больше слов на данную букву. «Растения» — назвать как можно больше любых растений за 30 секунд. «Счет» — от числа 300 вычитается 7, из получившегося числа также вычитается 7 в течение 30 секунд. «Слова 1–1», «Слова 1–2» — испытуемым предлагается просмотреть 5 слов, после чего слова убираются, пациентам необходимо повторить увиденные слова через 30 секунд. «Слова 2–1», «Слова 2–2» — аудиальное представление 5 слов, которые необходимо повторить через 30 секунд. «Фон ОГ», «Фон ЗГ» — спонтанная фоновая ЭЭГ без каких-либо воздействий при открытых и закрытых глазах соответственно [9,10]. В данной работе по-отдельности рассматривались отведения, включающие значения амплитуд ЭЭГ каждого из тестов и тесты, включающие значения ЭЭГ-отведений. ЭЭГ данные были обработаны в программе «STATISTICA 12» методом многомерного шкалирования.

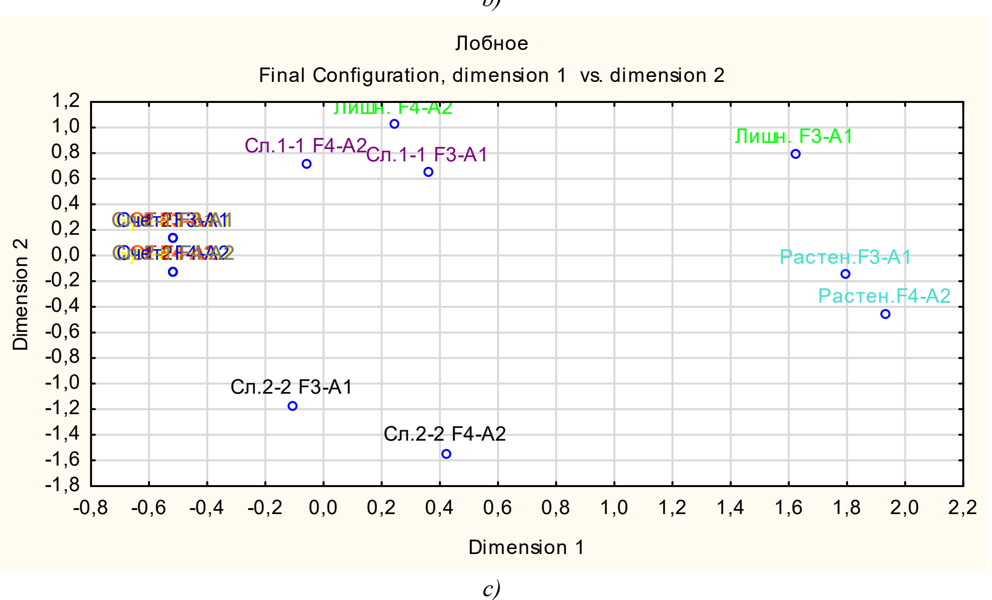
Результаты исследования. В результате визуального анализа графиков многомерного шкалирования здоровых испытуемых отмечено, что распределение попарных координат, соответствующих тестам (отведениям), для каждого из отведений (теста) характеризуется, в большинстве случаев, близким расположением относительно друг друга, в некоторых случаях — совпадением (рис. 1, 2). Исключение у здоровых испытуемых чаще всего составляют точки, определяющие тесты «Лишнее», «Слова 1–1», «Счет» и «Растения»; отведения — нижнелобное (F7–F8), затылочное (O1–O2), задневисочное (T5–T6) и средневисочное (T3–T4). Они наиболее отдалены друг от друга и (или) от остальных точек, обычно сгруппированных в отдельную область.



a)



b)



c)

Рис. 1. Динамика расположения векторов МШ для отведений здоровых испытуемых:
а) испытуемый 1; b) испытуемый 2; c) испытуемый 3

Fig. 1. Location dynamics of MS (multidimensional scaling) vectors for leads of healthy subjects:
a) subject 1; b) subject 2; c) subject 3

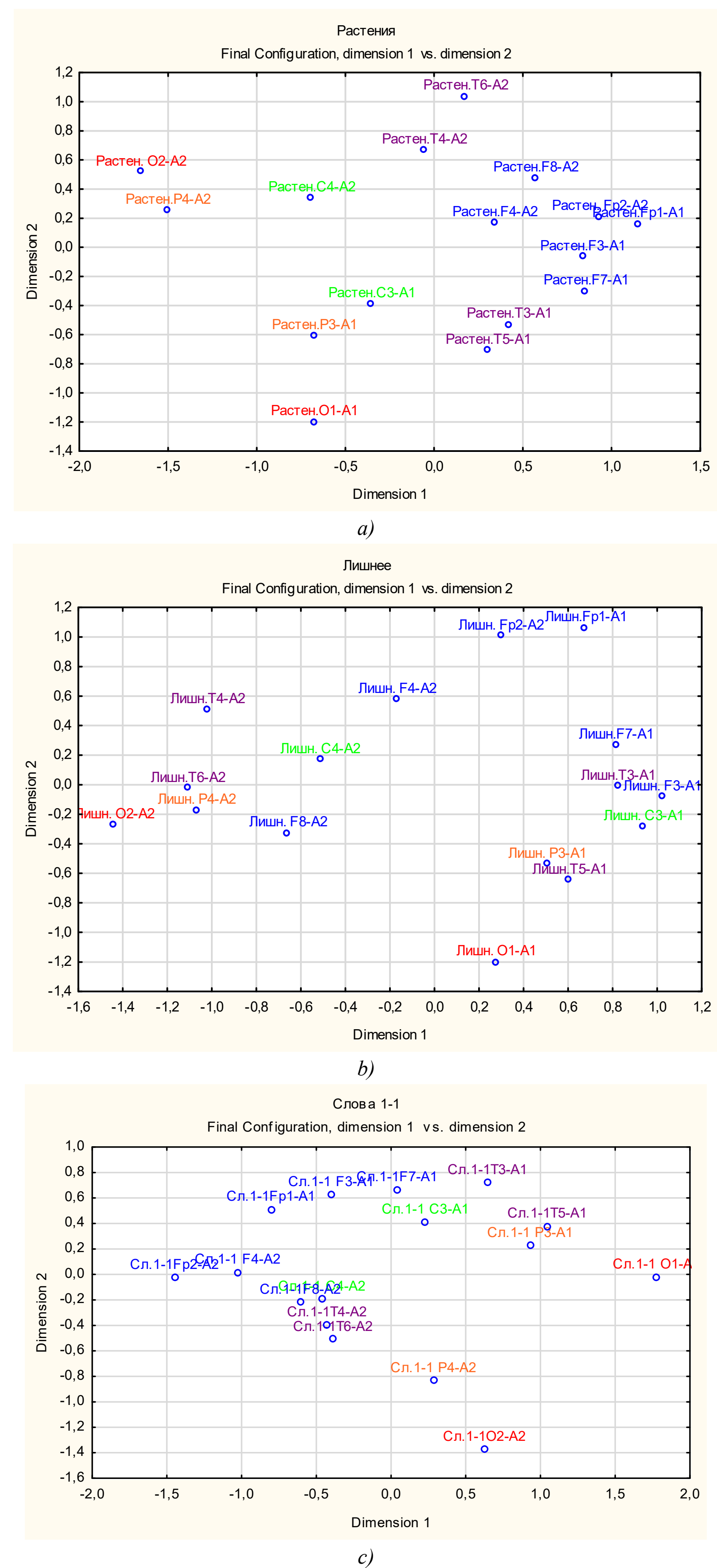


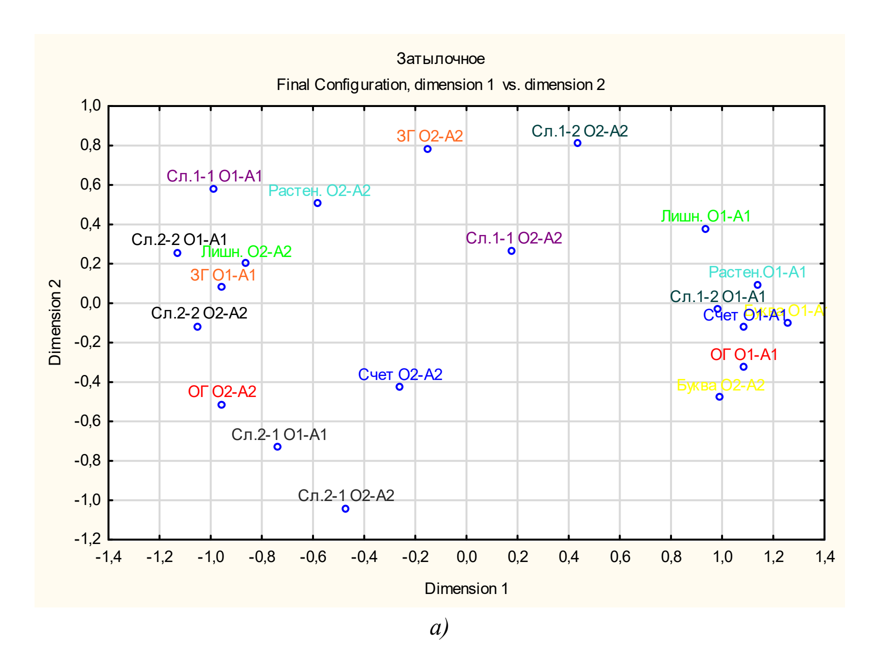
Рис. 2. Динамика расположения векторов МШ для тестов здоровых испытуемых:
а) испытуемый 1; b) испытуемый 2; c) испытуемый 3

Fig. 2. Location dynamics of MS vectors for tests of healthy subjects:
a) subject 1; b) subject 2; c) subject 3

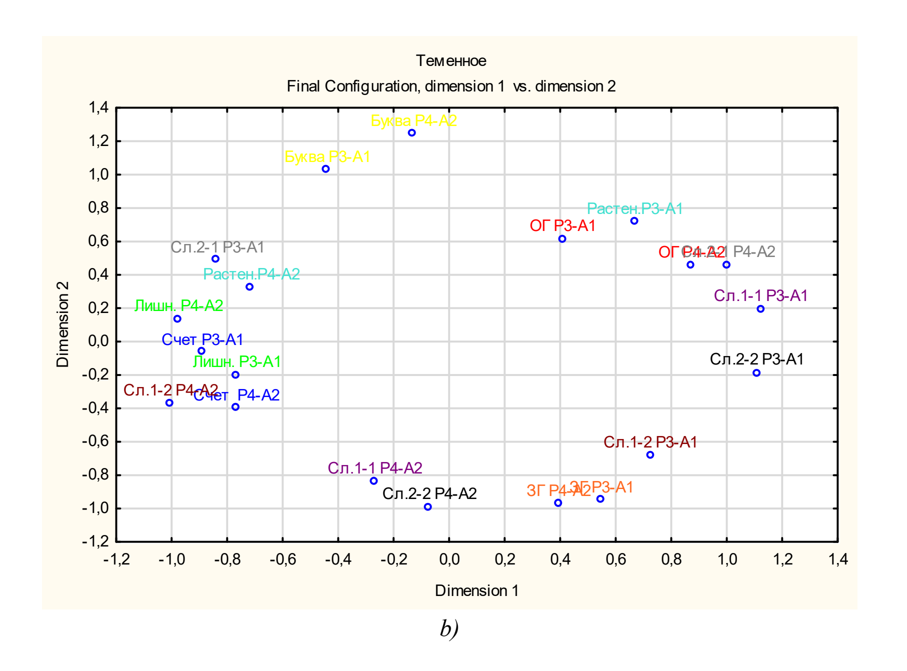
В частности, для графиков распределения координат многомерного шкалирования здоровых пациентов затылочного отведения (O1–O2) характерно значительное расстояние между точками, относящимися к тестам «Лишнее», «Растения», «Слова 1–1». В случае с теменным отведением (P3–P4) наиболее отдалены точки тестов «Лишнее», «Счет», «Слова 1–1». В центральном отведении (C3–C4) далеко друг от друга и от остальных точек расположены точки «Лишнее» и «Слова 1–1». Наиболее отдаленные друг от друга и от остальных совпадающих в лобном отведении (F3–F4) координаты тестов «Лишнее», «Слова 1–1». В лобном полюсном отведении (Fp1–Fp2) точки тестов «Счет» и «Лишнее» локализуются на значительном расстоянии друг от друга. В задневисочном отведении (T5–T6) такими точками являются «Лишнее», «Счет», «Слова 1–1». В средневисочном (T3–T4) — также «Лишнее», «Счет», «Слова 1–1», а в нижнелобном (F7–F8) – «Лишнее», «Счет», «Слова 2–1» и «Растения».

Расположение координат многомерного шкалирования на графиках здоровых испытуемых по тестам, выявляющим когнитивные нарушения, на значительном расстоянии относительно друг друга наблюдается для следующих отведений. Для фоновой ЭЭГ с открытыми и закрытыми глазами наиболее отдалены координаты, относящиеся к затылочному (O1–O2), нижнелобному (F7–F8) и задневисочному (T5–T6) отведениям. Для теста «Буква» точки затылочного (O1–O2) и нижнелобного (F7–F8) отведений также наиболее отдалены друг от друга. «Лишнее» характеризуется отделением координат задневисочного (T5–T6), средневисочного (T3–T4) и нижнелобного (F7–F8) отведений. Тест «Растения» — нижнелобного (F7–F8), задневисочного (T5–T6) и затылочного (O1–O2) отведений. Для теста «Счет» характерно расположение на значительном расстоянии точек отведений: средневисочного (T3–T4), задневисочного (T5–T6) и нижнелобного (F7–F8). Для теста «Слова 1–1» это точки средневисочного (T3–T4) и нижнелобного (F7–F8) отведений. Для тестов «Слова 1–2» и «Слова 2–1» — затылочное (O1–O2) и нижнелобное (F7–F8) отведения. Для «Слова 2–2» — затылочное (O1–O2), нижнелобное (F7–F8) и задневисочное (T5–T6).

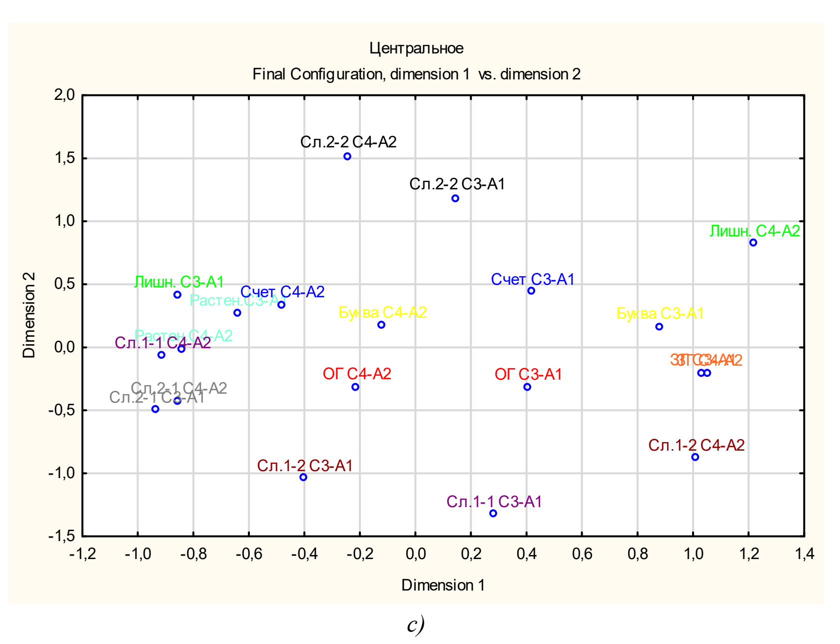
У больных пациентов для двумерных плоскостей многомерного шкалирования характерно более хаотичное распределение пространственных координат каждого из отведений или теста. Обособленные группы отсутствуют (рис. 3, 4). На небольшом расстоянии друг от друга чаще всего располагаются парные точки тестов «Слова 2–1», «Лишнее», «Фон ЗГ», «Слова 2–2», «Счет» и «Буква» и отведения – префронтальное (Fp1–Fp2), лобное (F3–F4) и теменное (P3–P4). Наиболее отдалены друг от друга в большинстве случаев координаты тестов «Растения», «Слова 1–1», «Слова 1–2», а также «Лишнее». Таким образом, на графиках, относящихся к больным пациентам, в зависимости от отведения (теста) и испытуемого, расположение точек, соответствующих тестам (отведениям), варьируется сильнее, чем на графиках здоровых испытуемых. При проведении аналогичного исследования ЭЭГ-данных 10-ти здоровых испытуемых и 10-ти больных ДЭП писанные выше результаты подтвердились.



а)



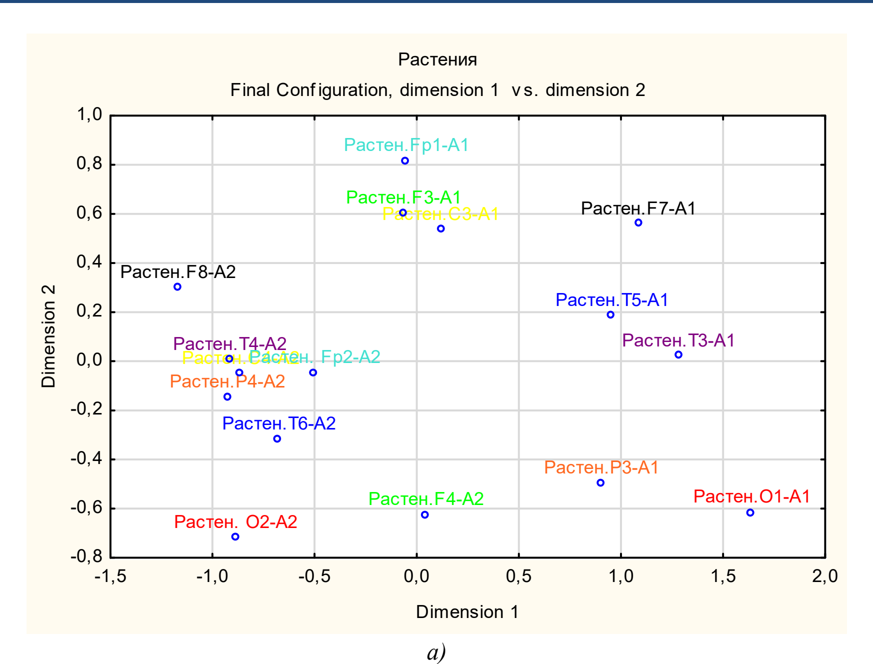
b)



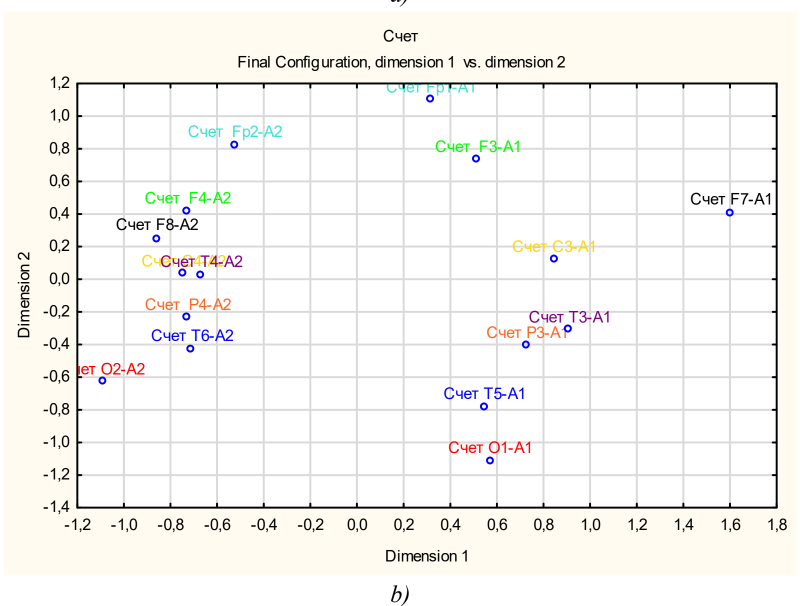
c)

Рис. 3. Динамика расположения векторов МШ для отведений больных испытуемых: a) испытуемый 1; b) испытуемый 3; c) испытуемый 4

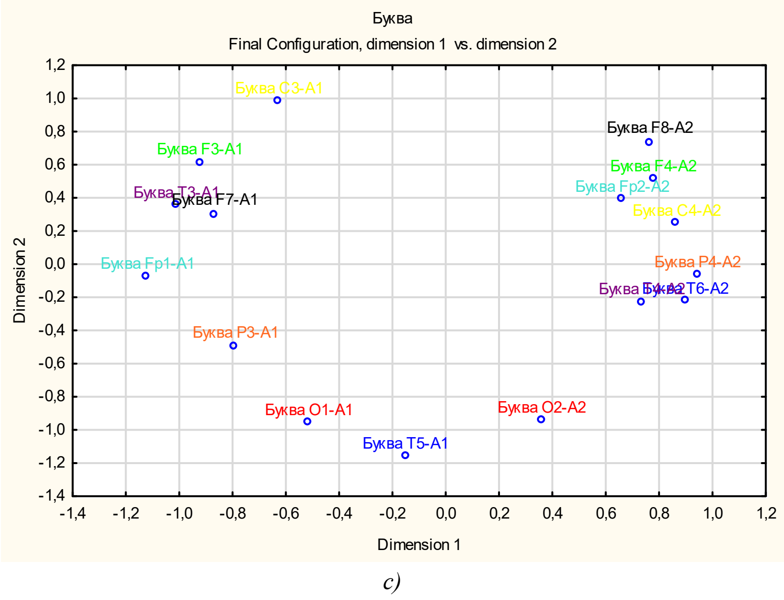
Fig. 3. Location dynamics of MS vectors for leads of patient subjects: a) subject 1; b) subject 2; c) subject 3



a)



b)



c)

Рис. 4. Динамика расположения векторов МШ для тестов больных испытуемых:
а) испытуемый 1; b) испытуемый 2; c) испытуемый 3

Fig. 4. Location dynamics of MS vectors for tests of patient subjects:
a) subject 1; b) subject 2; c) subject 3

Обсуждение и заключения. Доказана возможность применения метода многомерного шкалирования в качестве дополнительного классификатора ЭЭГ-данных больных ДЭП и здоровых испытуемых, исходя из результатов проведенного исследования: практически у всех здоровых испытуемых в каждом из отведений и тестов наблюдается близкое расположение или совпадение координат многомерного шкалирования; для пациентов с ДЭП совпадение координат отсутствует, распределение носит более хаотичный характер.

На основании полученных результатов применения метода многомерного шкалирования выдвинуто предположение о возможности использования этого способа статистической обработки как дополнительного метода в диагностике заболевания «дисциркуляторная энцефалопатия» для оценки состояния пациентов.

Библиографический список

1. Костенко, С. А. Технология применения многомерного шкалирования и кластерного анализа / С. А. Костенко // Фундаментальные исследования. — 2012. — №11-4. — С.927–930.

2. Кижеватова, Е. А. Применение дискриминантного анализа показателей электроэнцефалограммы в диагностике когнитивных нарушений у больных с ишемией головного мозга / Е. А. Кижеватова [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2016. — № 1. — С. 41–44.

3. Омельченко, В. П. Применение дискриминантного анализа для классификации ЭЭГ больных диабетической энцефалопатией / В. П. Омельченко, Е. А. Тимошенко // Инженерный вестник Дона. — 2012. — Т. 22, № 4-1 (22). — С. 16.

4. Кижеватова, Е. А. Анализ биоэлектрической активности головного мозга при когнитивных нарушениях у больных с энцефалопатией / Е. А. Кижеватова, В. П. Омельченко // Известия Южного федерального университета. Технические науки. — 2014. — № 10 (159). — С. 69–77.

5. Timoshenko E.A., Omelchenko V.P. Pathologic brain bioelectrical activity by patients with diabetic and discirculator encephalopathy // 1st International Scientific Conference "Applied Science in Europe: tendencies of contemporary development": Papers of the 1st International Scientific Conference. April 21, 2013, Germany, P. 60–62

6. Электроэнцефалография как метод исследования. Описание и анализ электроэнцефалограммы [Электронный ресурс] / Глубинная психология учения и методики. — Режим доступа https://www.psyoffice.ru/8/psichology/book_o342 _page_68.html (дата обращения : 22.03.17).

7. Timoshenko E.A., Omelchenko V.P. Information Technologies in the Assessment of Violations of Cognitive Functions // European Researcher. – 2013. – Vol. (48), № 5–1. – P. 1136–1139.

8. Новикова, А. И. Многомерное шкалирование ЭЭГ пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией / А. И. Новикова, К. А. Мороз, Е. А. Кижеватова // Юбил. конф. студ. и молод. уч., посв. 85-летию ДГТУ. — Ростов-на-Дону, 2015. — С. 3092–3098

9. Бакузова, Д. В. Возможности дискриминантного анализа электроэнцефалограммы в диагностике сосудистых умеренных когнитивных расстройств / Д. В. Бакузова, Е. А. Кижеватова // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. — 2015. — № 8. — С.41–45.

10. Способ диагностики когнитивных нарушений сосудистого происхождения при хронической ишемии мозга : пат. 2584651 Рос. Федерация: МПК A61B5/0476 (2006.01) / Е. А. Кижеватова, Д. В. Бакузова, В. П. Омельченко, В. В. Ефремов. — № 2015107404/14; заявл. 03.03.15; опубл. 20.05.16, Бюл. №14. — 3с.

References

1. Kostenko, S.A. Tekhnologiya primeneniya mnogomernogo shkalirovaniya i klasternogo analiza. [Technology of using multidimensional scaling and cluster analysis.] Fundamental research, 2012, no. 11 (4), pp. 927–930 (in Russian).

2. Kizhevatova, E.A., et al. Primenenie diskriminantnogo analiza pokazateley elektroentsefalogrammy v diagnostike kognitivnykh narusheniy u bol'nykh s ishemiey golovnogo mozga. [Application of the discriminant analysis of indicators of electroencephalogram in diagnostics of cognitive disorders at patients with cerebral ischemia.] Biomedical Radioelectronics, 2016, no. 1, pp. 41–44 (in Russian).

3. Omelchenko, V.P., Timoshenko, E.A. Primenenie diskriminantnogo analiza dlya klassifikatsii EEG bol'nykh diabeticheskoy entsefalopatiey. [Application of the discriminant analysis for classification of EEG in patients with diabetic encephalopathy.] Engineering Journal of Don, 2012, vol. 22, no. 4-1 (22), pp. 16 –930 (in Russian).

4. Kizhevatova, E.A., Omelchenko, V.P. Analiz bioelektricheskoy aktivnosti golovnogo mozga pri kognitivnykh narusheniyakh u bol'nykh s entsefalopatiey. [The analysis of brain bioelectric activity of cognitive violations for the patients with encephalopathy.] Izvestiya SFedU. Engineering Sciences. 2014, no. 10 (159), pp. 69–77 (in Russian).

5. Timoshenko E.A., Omelchenko V.P. Pathologic brain bioelectrical activity by patients with diabetic and discirculator encephalopathy. 1st International Scientific Conference “Applied Science in Europe: tendencies of contemporary development”. Papers of the 1st International Scientific Conference. April 21, 2013, Germany, P. 60–62

6. Elektroentsefalografiya kak metod issledovaniya. Opisanie i analiz elektroentsefalogrammy. [Electroencephalography as an investigative technique. Description and analysis of electroencephalogram.] Glubinnaya psikhologiya ucheniya i metodiki. [Depth psychology of teaching and methods.] Available at: https://www.psyoffice.ru/8/psichology/book_o342_page_68.html (accessed: 22.03.17) (in Russian).

7. Timoshenko E.A., Omelchenko V.P. Information Technologies in the Assessment of Violations of Cognitive Functions. European Researcher, 2013, vol. (48), no. 5–1, pp. 1136–1139.

8. Novikova, A.I., Moroz, K.A., Kizhevatova, E.A. Mnogomernoe shkalirovanie EEG patsientov s distsirkulyatornoy entsefalopatiey. [Multidimensional scaling of EEG in patients with discirculatory encephalopathy.] Yubil. konf. stud. i molod. uch., posv. 85-letiyu DGTU. [Festive Conf. of Students and Young Researchers dedicated to 85th anniversary of DSTU.] Rostov-on-Don, 2015, pp. 3092–3098 (in Russian).

9. Bakuzova, D.V., Kizhevatova, E.A. Vozmozhnosti diskriminantnogo analiza elektroentsefalogrammy v diagnostike. [The discriminant analysis of electroencephalogram in the diagnosis of vascular mild cognitive impartment.] Vestnik nevrologii, psikhiatrii i neyrokhirurgii, 2015, no. 8, pp. 41–45 (in Russian).

10. Kizhevatova, E.A., Bakuzova, D.V., Omelchenko, V.P., Yefremov, V.V. Sposob diagnostiki kognitivnykh narusheniy sosudistogo proiskhozhdeniya pri khronicheskoy ishemii mozga: pat. 2584651 Ros. Federatsiya: MPK A61B5/0476 (2006.01). [Diagnostic method for cognitive vascular disorders in case of chronic cerebral ischemia.] Patent RF, no. 2584651, 2016 (in Russian).

Поступила в редакцию 22.03.2017
Сдана в редакцию 29.03.2017
Запланирована в номер 03.04.2017

Received 22.03.2017
Submitted 29.03.2017
Scheduled in the issue 03.04.2017

Об авторах:

Новикова Анна Ивановна,
магистрант кафедры «Приборостроение» Донского государственного технического университета (РФ, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1),
ORCID: http:// orcid.org/0000-0002-8758-4947
novikova.anna16@yandex.ru

Мороз Калерия Александровна,
доцент кафедры «Приборостроение» Донского государственного технического университета (РФ, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1), кандидат технических наук,
ORCID: http:// orcid.org/0000-0001-8624-0184
leramoroz@mail.ru

Кижеватова Елена Александровна,
ассистент кафедры медицинской и биологической физики Ростовского государственного медицинскоо университета (РФ, 344022, г. Ростов–на–Дону, пер. Нахичеванский, 29),
ORCID: http:// orcid.org/0000-0002-7127-0214
alyonatim@mail.ru

Authors:

Novikova Anna I.,
undergraduate of the Instrument Production Department, Don State Technical University (RF, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1),
ORCID: http:// orcid.org/0000-0002-8758-4947
novikova.anna16@yandex.ru

Moroz Kaleria A.,
associate professor of the Instrument Production Department, Don State Technical University (RF, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), Cand.Sci. (Eng.),
ORCID: http:// orcid.org/0000-0001-8624-0184
leramoroz@mail.ru

Kizhevatova Elena A.,
teaching assistant of the Medical and Biological Physics Department, Rostov State Medical University (RF, 344022, Rostov-on-Don, Nakhichevanskiy per., 29),
ORCID: http:// orcid.org/0000-0002-7127-0214
alyonatim@mail.ru